

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-141478

(P2011-141478A)

(43) 公開日 平成23年7月21日(2011.7.21)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B</b>	<b>6/42</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B 6/42	2H137
<b>HO1S</b>	<b>5/022</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1S 5/022	5F173
<b>GO2B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B 3/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2010-2928 (P2010-2928)  
 (22) 出願日 平成22年1月8日 (2010.1.8)

(71) 出願人 000208765  
 株式会社エンプラス  
 埼玉県川口市並木2丁目30番1号  
 (74) 代理人 100081282  
 弁理士 中尾 俊輔  
 (74) 代理人 100085084  
 弁理士 伊藤 高英  
 (74) 代理人 100095326  
 弁理士 畑中 芳実  
 (74) 代理人 100115314  
 弁理士 大倉 奈緒子  
 (74) 代理人 100117190  
 弁理士 玉利 房枝  
 (74) 代理人 100120385  
 弁理士 鈴木 健之

最終頁に続く

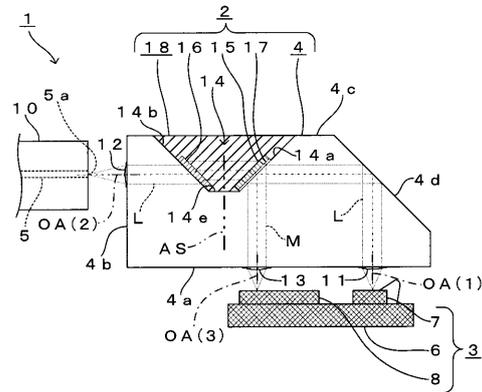
(54) 【発明の名称】 レンズアレイおよびこれを備えた光モジュール

(57) 【要約】

【課題】 モニタ光を確実に得ることができるとともに製造の容易化を実現することができるレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールを提供すること。

【解決手段】 第1のレンズ面11に入射した各発光素子ごとの光を、第1の反射/透過層17によって第2のレンズ面12側および第3のレンズ面13側にそれぞれ分光し、第3のレンズ面13側に分光された光に含まれるモニタ光を、第3のレンズ面13によって第1の受光素子8側に出射せるとともに、第1の光学面14aに対する入射側の光路と第2の光学面14bに対する出射側の光路とを同一直線上に位置させること。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの第1の受光素子が形成された光電変換装置と、光伝送体との間に配置され、前記複数の発光素子と前記光伝送体の端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイであって、

レンズアレイ本体における前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する複数の第1のレンズ面と、

前記レンズアレイ本体における前記光伝送体の端面に臨む第2の面に、前記第1のレンズ面の整列方向に沿って整列するように形成され、前記複数の第1のレンズ面にそれぞれ入射した前記複数の発光素子ごとの光を、前記光伝送体の端面に向けてそれぞれ出射させる複数の第2のレンズ面と、

前記レンズアレイ本体における前記第1の面に形成され、前記レンズアレイ本体の内部側から入射した前記モニタ光を前記第1の受光素子に向けて出射させる少なくとも1つの第3のレンズ面と、

前記レンズアレイ本体に、前記第1のレンズ面と前記第2のレンズ面とを結ぶ光路上に位置するように凹入形成された凹部と、

この凹部における内面の一部をなすとともに、前記第2の面に対して所定の傾斜角を有するように形成され、前記複数の第1のレンズ面に入射した前記複数の発光素子ごとの光が前記第2の面に対して垂直な入射方向から入射する第1の光学面と、

前記凹部における内面の一部であって前記第1の光学面に対向する部位をなすとともに、前記第2の面に対して所定の傾斜角を有するように形成され、前記第1の光学面に入射した後に前記第2のレンズ面側に向かって進行した前記複数の発光素子ごとの光が入射する第2の光学面と、

前記第1の光学面上またはその近傍に配置され、前記第1の光学面に入射した前記複数の発光素子ごとの光を、所定の反射率で前記第3のレンズ面側に反射させるとともに所定の透過率で前記第2の光学面側に透過させ、その際に、前記複数の発光素子ごとの光の少なくとも1つを前記モニタ光として反射させる第1の反射/透過層と、

前記凹部がなす空間内に充填された前記レンズアレイ本体と同屈折率の充填材とを備え、

前記複数の発光素子ごとの光の前記第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路と前記複数の発光素子ごとの光の前記第2の光学面に対する出射側の光路とが同一直線上に位置されること

を特徴とするレンズアレイ。

## 【請求項 2】

前記光伝送体が、前記レンズアレイ本体に向けて光を出射させるように形成され、

前記第2のレンズ面に、前記光伝送体から出射された光が入射するように形成され、

前記光電変換装置が、前記光伝送体から出射された光を受光する第2の受光素子を備え、

前記第1の面における前記第2の受光素子に臨む位置に、前記レンズアレイ本体の内部側から入射した前記光伝送体から出射された光を、前記第2の受光素子に向けて出射させる第4のレンズ面が形成され、

前記第2の光学面上またはその近傍に、前記第2のレンズ面に入射した前記光伝送体から出射された光を、所定の反射率で前記第4のレンズ面側に反射させるとともに所定の透過率で透過させる第2の反射/透過層が形成されていること

を特徴とする請求項1に記載のレンズアレイ。

## 【請求項 3】

前記第1の光学面の前記傾斜角を〔°〕とすると、前記第2の光学面の前記傾斜角は180 - 〔°〕と表され、

10

20

30

40

50

前記第 1 の反射 / 透過層は、前記第 1 の光学面に平行な所定の屈折率の第 1 の光学板上に形成され、

前記第 2 の光学面上またはその近傍に、前記第 2 の光学面に平行な前記第 1 の光学板と同屈折率の第 2 の光学板が配置され、

前記第 2 の光学板は、前記複数の発光素子ごとの光が前記第 1 の光学板に入射する際に屈折されることよって生じた前記複数の発光素子ごとの光の前記充填材の内部における光路と前記第 1 の光学面に対する入射側の所定範囲の光路との光路長方向に直交する方向のずれを解消して、前記第 2 の光学面に対する出射側の光路が、前記第 1 の光学面に対する入射側の所定範囲の光路と同一直線上に位置するように光路を調整すること

を特徴とする請求項 1 に記載のレンズアレイ。

10

【請求項 4】

前記第 1 の光学面の前記傾斜角を  $[\ ]$  とすると、前記第 2 の光学面の前記傾斜角は  $180 - [\ ]$  と表され、

前記第 1 の反射 / 透過層は、前記第 1 の光学面に平行な所定の屈折率の第 1 の光学板上に形成され、

前記第 2 の反射 / 透過層は、前記第 2 の光学面に平行な前記第 1 の光学板と同屈折率の第 2 の光学板上に形成され、

前記第 2 の光学板は、前記複数の発光素子ごとの光が前記第 1 の光学板に入射する際に屈折されることよって生じた前記複数の発光素子ごとの光の前記充填材の内部における光路と前記第 1 の光学面に対する入射側の所定範囲の光路との光路長方向に直交する方向のずれを解消して、前記第 2 の光学面に対する出射側の光路が、前記第 1 の光学面に対する入射側の所定範囲の光路と同一直線上に位置するように光路を調整すること

20

を特徴とする請求項 2 に記載のレンズアレイ。

【請求項 5】

前記充填材は、透光性の接着材からなり、

前記第 1 の光学板および前記第 2 の光学板は、前記充填材によって前記レンズアレイ本体に接着されていること

を特徴とする請求項 3 または 4 に記載のレンズアレイ。

【請求項 6】

前記第 1 の光学板は、所定の屈折率の第 1 の粘着シートを介して前記第 1 の光学面に貼り付けられ、

30

前記第 2 の光学板は、前記第 1 の粘着シートと同屈折率の第 2 の粘着シートを介して前記第 2 の光学面に貼り付けられていること

を特徴とする請求項 3 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のレンズアレイ。

【請求項 7】

前記複数の発光素子ごとの光の前記第 1 のレンズ面と前記第 1 の光学面との間の光路上に、前記第 1 のレンズ面に入射した前記複数の発光素子ごとの光を、前記第 1 の光学面に向けて全反射させる全反射面が配置され、

前記第 1 の光学面に対する入射側の所定範囲の光路は、前記複数の発光素子ごとの光の前記全反射面と前記第 1 の光学面との間の光路であること

40

を特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のレンズアレイ。

【請求項 8】

前記第 1 の面と前記第 2 の面とが互いに垂直に形成され、

前記凹部が、前記レンズアレイ本体における前記第 1 の面に対向する第 3 の面に形成され、

前記第 1 の光学面の前記傾斜角が、 $135 [\ ]$  とされ、

前記第 2 の光学面の前記傾斜角が、 $45 [\ ]$  とされ、

前記全反射面が、前記第 2 の光学面に平行に形成され、

前記第 1 の面に形成された各レンズ面上の光軸が、前記第 1 の面に垂直に形成され、

前記第 2 のレンズ面上の光軸が、前記第 2 の面に垂直に形成されていること

50

を特徴とする請求項 7 に記載のレンズアレイ。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載のレンズアレイと請求項 1 または 2 に記載の光電変換装置とを備えたことを特徴とする光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レンズアレイおよびこれを備えた光モジュールに係り、特に、複数の発光素子と光伝送体の端面とを光学的に結合するのに好適なレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールに関する。

10

【背景技術】

【0002】

近年、システム装置内または装置間もしくは光モジュール間において信号を高速に伝送する技術として、いわゆる光インターコネクションの適用が広まっている。ここで、光インターコネクションとは、光部品をあたかも電気部品のように扱って、パソコン、車両または光トランシーバなどに用いられるマザーボードや回路基板等を実装する技術をいう。

【0003】

このような光インターコネクションに用いられる光モジュールには、例えば、メディアコンバータやスイッチングハブの内部接続、光トランシーバ、医療機器、テスト装置、ビデオシステム、高速コンピュータクラスタなどの装置内や装置間の部品接続等の様々な用途がある。

20

【0004】

この種の光モジュールにおいては、発光素子から出射された通信情報を含む光を、レンズを介して光伝送体の一例としての光ファイバの端面に結合させることによって、光ファイバを介した通信情報の送信を行うようになっていた。

【0005】

また、光モジュールの中には、双方向通信に対応すべく、光ファイバを介して伝搬されて光ファイバの端面から出射された通信情報を含む光を受光する受光素子を発光素子とともに備えたものもあった。

【0006】

ここで、従来から、このような光モジュールにおいては、温度等の影響によって発光素子の光の出力特性が変化することにより、通信情報の適切な送信に支障を来す虞があるといった問題が生じていた。

30

【0007】

そこで、これまでも、この種の光モジュールにおいては、発光素子の出力特性を安定させるべく発光素子から出射された光（特に、強度もしくは光量）をモニタ（監視）するための種々の技術が提案されていた。

【0008】

例えば、特許文献 1 には、レンズ面（透過面部）の周辺に発光素子から発光された光の一部をモニタ光として受光素子側に反射させるための反射面（反射面部）を備えた光学素子が開示されている。

40

【0009】

また、特許文献 2 には、面発光レーザから出射されたレーザ光を光ファイバ側に全反射させる全反射ミラーと、面発光レーザから出射されたレーザ光の一部をモニタ光として PD 側に反射させる切り欠き部とが連設された光学面を備えた光学ユニットが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献 1】特開 2008 - 151894 号公報

50

【特許文献2】特開2006-344915号公報（特に、図16A、B参照）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献1に記載の構成には、マルチチャンネルの光通信をコンパクトな構成で実現しようとする場合に有効に適用することが難しいといった問題点があった。すなわち、近年においては、マルチチャンネルの光通信を実現させる小型の光学部品として、複数のレンズを所定の整列方向に整列させたレンズアレイの需要が益々高まりつつある。この種のレンズアレイでは、複数の発光素子が整列された発光装置を、その各発光素子がレンズアレイの入射側の各レンズ面に対向するように配置するとともに、複数の光ファイバをレンズアレイの出射側の各レンズ面に対向するように配置して、各発光素子から出射された光をレンズアレイの各レンズによって各光ファイバの端面に光学的に結合させることにより、マルチチャンネルの光通信（送信）を行うようになっていた。そして、このようなレンズアレイにおいても、発光素子から出射された光をモニタすることは光通信の安定性を確保する観点から非常に重要であるところ、このようなレンズアレイは、各レンズの1つ1つが非常に小径に形成されているばかりでなく、互いに隣位する各レンズ同士が非常に狭ピッチに形成されているため、特許文献1に記載の構成をレンズアレイに適用してレンズの周辺にモニタ光を反射させるための反射面を形成することは困難であった。

10

【0012】

また、特許文献2に記載の構成は、全反射ミラーと切り欠き部との境界の位置精度が要求されるため、製造が困難であるといった問題点を有していた。

20

【0013】

そこで、本発明は、このような問題点に鑑みなされたものであり、モニタ光を確実に得ることができるとともに製造の容易化を実現することができるレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

前述した目的を達成するため、本発明の請求項1に係るレンズアレイの特徴は、複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの第1の受光素子が形成された光電変換装置と、光伝送体との間に配置され、前記複数の発光素子と前記光伝送体の端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイであって、レンズアレイ本体における前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する複数の第1のレンズ面と、前記レンズアレイ本体における前記光伝送体の端面に臨む第2の面に、前記第1のレンズ面の整列方向に沿って整列するように形成され、前記複数の第1のレンズ面にそれぞれ入射した前記複数の発光素子ごとの光を、前記光伝送体の端面に向けてそれぞれ出射させる複数の第2のレンズ面と、前記レンズアレイ本体における前記第1の面に形成され、前記レンズアレイ本体の内部側から入射した前記モニタ光を前記第1の受光素子に向けて出射させる少なくとも1つの第3のレンズ面と、前記レンズアレイ本体に、前記第1のレンズ面と前記第2のレンズ面とを結ぶ光路上に位置するように凹入形成された凹部と、この凹部における内面の一部をなすとともに、前記第2の面に対して所定の傾斜角を有するように形成され、前記複数の第1のレンズ面に入射した前記複数の発光素子ごとの光が前記第2の面に対して垂直な入射方向から入射する第1の光学面と、前記凹部における内面の一部であって前記第1の光学面に対向する部位をなすとともに、前記第2の面に対して所定の傾斜角を有するように形成され、前記第1の光学面に入射した後に前記第2のレンズ面側に向かって進行した前記複数の発光素子ごとの光が入射する第2の光学面と、前記第1の光学面上またはその近傍に配置され、前記第1の光学面に入射した前記複数の発光素子ごとの光を、所定の反射率で前記第3のレンズ面側に反射させるとともに

30

40

50

所定の透過率で前記第2の光学面側に透過させ、その際に、前記複数の発光素子ごとの光の少なくとも1つを前記モニタ光として反射させる第1の反射/透過層と、前記凹部がなす空間内に充填された前記レンズアレイ本体と同屈折率の充填材とを備え、前記複数の発光素子ごとの光の前記第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路と前記複数の発光素子ごとの光の前記第2の光学面に対する出射側の光路とが同一直線上に位置される点にある。

【0015】

そして、この請求項1に係る発明によれば、第1のレンズ面に入射した各発光素子ごとの光を、第1の反射/透過層によって第2のレンズ面側および第3のレンズ面側にそれぞれ分光し、第3のレンズ面側に分光されたモニタ光を、第3のレンズ面によって第1の受光素子側に出射させることができるので、モニタ光を確実に得ることができ、また、このようなモニタ光を得るための構成として、ある程度の面積を有する第1の反射/透過層を採用することによって、レンズアレイの製造の容易化を実現することができる。また、第1の光学面に対する入射側の光路と第2の光学面に対する出射側の光路とを同一直線上に位置させることができ、なおかつ、このような光路配置を、レンズアレイ本体と充填材とを同屈折率とすることによって簡便に実現することができる。この結果、簡易な構成により、製品検査の際に第2のレンズ面に入射する光が第2のレンズ面の中心からずれていることが確認された場合におけるこれを解消するための寸法調整を要する箇所を少なくすることができ、また、設計の際に第2のレンズ面の位置を簡便に決定することができるので、更なる製造の容易化に寄与することができる。

10

20

【0016】

また、請求項2に係るレンズアレイの特徴は、請求項1において、更に、前記光伝送体が、前記レンズアレイ本体に向けて光を出射させるように形成され、前記第2のレンズ面に、前記光伝送体から出射された光が入射するように形成され、前記光電変換装置が、前記光伝送体から出射された光を受光する第2の受光素子を備え、前記第1の面における前記第2の受光素子に臨む位置に、前記レンズアレイ本体の内部側から入射した前記光伝送体から出射された光を、前記第2の受光素子に向けて出射させる第4のレンズ面が形成され、前記第2の光学面上またはその近傍に、前記第2のレンズ面に入射した前記光伝送体から出射された光を、所定の反射率で前記第4のレンズ面側に反射させるとともに所定の透過率で透過させる第2の反射/透過層が形成されている点にある。

30

【0017】

そして、この請求項2に係る発明によれば、第2の反射/透過層および第4のレンズ面によって光伝送体から出射された光を第2の受光素子に結合させることができるので、簡易な構成によって双方向の光通信(例えば、BiDi:bi-directional)にも対応することができ、利便性を向上させることができる。

【0018】

さらに、請求項3に係るレンズアレイの特徴は、請求項1において、更に、前記第1の光学面の前記傾斜角を〔°〕とすると、前記第2の光学面の前記傾斜角は180-〔°〕と表され、前記第1の反射/透過層は、前記第1の光学面に平行な所定の屈折率の第1の光学板上に形成され、前記第2の光学面上またはその近傍に、前記第2の光学面に平行な前記第1の光学板と同屈折率の第2の光学板が配置され、前記第2の光学板は、前記複数の発光素子ごとの光が前記第1の光学板に入射する際に屈折されることによって生じた前記複数の発光素子ごとの光の前記充填材の内部における光路と前記第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路との光路長方向に直交する方向のずれを解消して、前記第2の光学面に対する出射側の光路が、前記第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路と同一直線上に位置するように光路を調整する点にある。

40

【0019】

そして、この請求項3に係る発明によれば、第1の反射/透過層を第1の光学板上に形成することによって、第1の反射/透過層を第1の光学面上に直接形成する場合に比較して、第1の反射/透過層を簡便に形成することができる。また、このように、第1の光学

50

板を各発光素子ごとの光の光路上に配置した場合であっても、この第1の光学板による屈折の影響（光路のずれ）を第2の光学板によって解消することができるので、第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路と第2の光学面に対する出射側の光路との直線性を確保することができる。

【0020】

さらにまた、請求項4に係るレンズアレイの特徴は、請求項2において、更に、前記第1の光学面の前記傾斜角を〔°〕とすると、前記第2の光学面の前記傾斜角は180 - 〔°〕と表され、前記第1の反射/透過層は、前記第1の光学面に平行な所定の屈折率の第1の光学板上に形成され、前記第2の反射/透過層は、前記第2の光学面に平行な前記第1の光学板と同屈折率の第2の光学板上に形成され、前記第2の光学板は、前記複数の発光素子ごとの光が前記第1の光学板に入射する際に屈折されることによって生じた前記複数の発光素子ごとの光の前記充填材の内部における光路と前記第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路との光路長方向に直交する方向のずれを解消して、前記第2の光学面に対する出射側の光路が、前記第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路と同一直線上に位置するように光路を調整する点にある。

10

【0021】

そして、この請求項4に係る発明によれば、第1の反射/透過層を第1の光学板上に形成することによって、第1の反射/透過層を第1の光学面上に直接形成する場合に比較して、第1の反射/透過層を簡便に形成することができる。また、第2の反射/透過層を第2の光学板上に形成することによって、第2の反射/透過層を第2の光学面上に直接形成する場合に比較して、第2の反射/透過層を簡便に形成することができる。さらに、第1の光学板を各発光素子ごとの光の光路上に配置した場合であっても、この第1の光学板による屈折の影響（光路のずれ）を第2の光学板によって解消することができるので、第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路と第2の光学面に対する出射側の光路との直線性を確保することができる。

20

【0022】

また、請求項5に係るレンズアレイの特徴は、請求項3または4において、更に、前記充填材は、透光性の接着材からなり、前記第1の光学板および前記第2の光学板は、前記充填材によって前記レンズアレイ本体に接着されている点にある。

【0023】

そして、この請求項5に係る発明によれば、充填材が、第1の光学板および第2の光学板をレンズアレイ本体に接着する接着材を兼ねることができるので、コストを削減することができる。

30

【0024】

さらに、請求項6に係るレンズアレイの特徴は、請求項3～5のいずれか1項において、更に、前記第1の光学板は、所定の屈折率の第1の粘着シートを介して前記第1の光学面に貼り付けられ、前記第2の光学板は、前記第1の粘着シートと同屈折率の第2の粘着シートを介して前記第2の光学面に貼り付けられている点にある。

【0025】

そして、この請求項6に係る発明によれば、第1の光学板および第2の光学板をより安定的にレンズアレイ本体に固定することができる。

40

【0026】

さらにまた、請求項7に係るレンズアレイの特徴は、請求項1～6のいずれか1項において、更に、前記複数の発光素子ごとの光の前記第1のレンズ面と前記第1の光学面との間の光路上に、前記第1のレンズ面に入射した前記複数の発光素子ごとの光を、前記第1の光学面に向けて全反射させる全反射面が配置され、前記第1の光学面に対する入射側の所定範囲の光路は、前記複数の発光素子ごとの光の前記全反射面と前記第1の光学面との間の光路である点にある。

【0027】

そして、この請求項7に係る発明によれば、第1のレンズ面、第3のレンズ面および場

50

合に応じて第4のレンズ面を光電変換素装置に臨む同一の面(第1の面)に配置することを前提として、第1のレンズ面に入射した各発光素子ごとの光を凹部側に進行させる上で無理のないコンパクトな設計が可能となる。

【0028】

また、請求項8に係るレンズアレイの特徴は、請求項7において、更に、前記第1の面と前記第2の面とが互いに垂直に形成され、前記凹部が、前記レンズアレイ本体における前記第1の面に対向する第3の面に形成され、前記第1の光学面の前記傾斜角が、135〔°〕とされ、前記第2の光学面の前記傾斜角が、45〔°〕とされ、前記全反射面が、前記第2の光学面に平行に形成され、前記第1の面に形成された各レンズ面上の光軸が、前記第1の面に垂直に形成され、前記第2のレンズ面上の光軸が、前記第2の面に垂直に形成されている点にある。

10

【0029】

そして、この請求項8に係る発明によれば、レンズアレイ本体の形状を、設計および寸法精度の測定の更なる簡便化に適した形状にすることができる。

【0030】

さらに、請求項9に係る光モジュールの特徴は、請求項1～8のいずれか1項に記載のレンズアレイと請求項1または2に記載の光電変換装置とを備えた点にある。

【0031】

そして、この請求項9に係る発明によれば、モニタ光を確実に得ることができるとともに製造の容易化を実現することができる。

20

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、モニタ光を確実に得ることができるとともに製造の容易化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第1実施形態において、光モジュールの概要をレンズアレイの縦断面図とともに示す概略構成図

【図2】図1に示すレンズアレイの平面図

【図3】図1に示すレンズアレイの左側面図

30

【図4】図1に示すレンズアレイの右側面図

【図5】図1に示すレンズアレイの下面図

【図6】第1実施形態の変形例において、光モジュールの概要をレンズアレイの縦断面図とともに示す概略構成図

【図7】図6に示すレンズアレイの平面図

【図8】図7の左側面図

【図9】図7の右側面図

【図10】図7の下面図

【図11】本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第2実施形態において、光モジュールの概要をレンズアレイの縦断面図とともに示す概略構成図

40

【図12】本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第3実施形態において、光モジュールの概要をレンズアレイの縦断面図とともに示す概略構成図

【図13】図12に示すレンズアレイの下面図

【図14】第3実施形態の変形例において、光モジュールの概要をレンズアレイの縦断面図とともに示す概略構成図

【図15】本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第4実施形態において、光モジュールの概要をレンズアレイの縦断面図とともに示す概略構成図

【図16】本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第5実施形態において、光モジュールの概要をレンズアレイの縦断面図とともに示す概略構成図

【発明を実施するための形態】

50

## 【 0 0 3 4 】

( 第 1 実施形態 )

以下、本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第 1 実施形態について、図 1 ~ 図 1 0 を参照して説明する。

## 【 0 0 3 5 】

図 1 は、本実施形態における光モジュール 1 の概要を本実施形態におけるレンズアレイ 2 の縦断面図とともに示した概略構成図である。図 2 は、図 1 に示すレンズアレイ 2 の平面図である。図 3 は、図 1 に示すレンズアレイ 2 の左側面図である。図 4 は、図 1 に示すレンズアレイ 2 の右側面図である。図 5 は、図 1 に示すレンズアレイ 2 の下面図である。

## 【 0 0 3 6 】

図 1 に示すように、本実施形態におけるレンズアレイ 2 は、光電変換装置 3 と光ファイバ 5 との間に配置されるようになっている。

## 【 0 0 3 7 】

ここで、光電変換装置 3 は、半導体基板 6 におけるレンズアレイ 2 に臨む面に、この面に対して垂直方向 ( 図 1 における上方向 ) に向かって互いに同一波長のレーザ光 L を出射 ( 発光 ) する複数の発光素子 7 を有しており、これらの発光素子 7 は、垂直共振器面発光レーザ ( V C S E L : Vertical Cavity Surface Emitting Laser ) を構成している。なお、図 1 において、各発光素子 7 は、図 1 における紙面垂直方向に沿って整列形成されている。また、光電変換装置 3 は、半導体基板 6 におけるレンズアレイ 2 に臨む面であって、各発光素子 7 に対する図 1 の左部近傍位置に、各発光素子 7 からそれぞれ出射されたレーザ光 L の出力 ( 例えば、強度や光量 ) をモニタするためのモニタ光 M を受光する発光素子 7 と同数の複数の第 1 の受光素子 8 を有している。なお、第 1 の受光素子 8 は、発光素子 7 と同方向に整列形成されており、互に対応する素子 7 , 8 同士の間で、整列方向における位置が互いに一致している。すなわち、第 1 の受光素子 8 は、発光素子 7 と同一ピッチで形成されている。この第 1 の受光素子 8 は、フォトディテクタであってもよい。さらに、図示はしないが、光電変換装置 3 には、各第 1 の受光素子 8 によって受光されたモニタ光 M の強度や光量に基づいて対応する発光素子 7 から発光されるレーザ光 L の出力を制御する制御回路が接続されている。このような光電変換装置 3 は、例えば、図示しないレンズアレイ 2 への当接部をレンズアレイ 2 に当接させるようにして、レンズアレイ 2 に対して対向配置されるようになっている。そして、この光電変換装置 3 は、公知の固定手段によってレンズアレイ 2 に取付けられるようになっている。

## 【 0 0 3 8 】

また、本実施形態における光ファイバ 5 は、発光素子 7 および第 1 の受光素子 8 と同数配設されており、図 1 において、各光ファイバ 5 は、図 1 における紙面垂直方向に沿って整列形成されている。また、光ファイバ 5 は、発光素子 7 と同一ピッチで整列されている。各光ファイバ 5 は、その端面 5 a 側の部位が多芯一括型のコネクタ 1 0 内に保持された状態で公知の固定手段によってレンズアレイ 2 に取付けられるようになっている。

## 【 0 0 3 9 】

そして、レンズアレイ 2 は、このような光電変換装置 3 と光ファイバ 5 との間に配置された状態で、各発光素子 7 と各光ファイバ 5 の端面 5 a とを光学的に結合させるようになっている。

## 【 0 0 4 0 】

このレンズアレイ 2 についてさらに詳述すると、図 1 に示すように、レンズアレイ 2 は、レンズアレイ本体 4 を有しており、このレンズアレイ本体 4 は、その縦断面の外形がほぼ台形状に形成され、また、図 2 に示すように、その平面形状がほぼ長形状に形成され、さらに、図 3 および図 4 に示すように、その側面形状が長形状に形成されている。

## 【 0 0 4 1 】

図 1 および図 5 に示すように、レンズアレイ 2 は、第 1 の面としてのレンズアレイ本体 4 における光電変換装置 3 に臨む図 1 の下端面 4 a ( 平面 ) に、発光素子 7 と同数の複数 ( 8 個 ) の平面円形状の第 1 のレンズ面 ( 凸レンズ面 ) 1 1 を有している。これら複数

10

20

30

40

50

の第 1 のレンズ面 1 1 は、発光素子 7 に対応する所定の整列方向（図 1 における紙面垂直方向、図 5 における縦方向）に整列するように形成されている。また、各第 1 のレンズ面 1 1 は、発光素子 7 と同一ピッチで形成されている。なお、各第 1 のレンズ面 1 1 上の光軸 O A ( 1 ) は、各第 1 のレンズ面 1 1 にそれぞれ対応する各発光素子 7 から発光されるレーザ光 L の中心軸に一致していることが望ましい。

【 0 0 4 2 】

このような各第 1 のレンズ面 1 1 には、図 1 に示すように、各第 1 のレンズ面 1 1 にそれぞれ対応する各発光素子 7 ごとに射出されたレーザ光 L が入射する。そして、各第 1 のレンズ面 1 1 は、入射した各発光素子 7 ごとのレーザ光 L をそれぞれコリメートした上でレンズアレイ本体 4 の内部へと進行させる。

10

【 0 0 4 3 】

また、図 1 および図 3 に示すように、レンズアレイ 2 は、第 2 の面としてのレンズアレイ本体 4 における光ファイバ 5 の端面 5 a に臨む図 1 の左端面 4 b（平面）に、第 1 のレンズ面 1 1 と同数の複数の第 2 のレンズ面（凸レンズ面）1 2 を有している。これら複数の第 2 のレンズ面 1 2 は、第 1 のレンズ面 1 1 の整列方向と同方向に整列するように形成されている。各第 2 のレンズ面 1 2 は、第 1 のレンズ面 1 1 と同一ピッチで形成されている。なお、各第 2 のレンズ面 1 2 上の光軸 O A ( 2 ) は、各第 2 のレンズ面 1 2 に対応する各光ファイバ 5 の端面 5 a の中心軸と同軸上に配置されていることが望ましい。

【 0 0 4 4 】

このような各第 2 のレンズ面 1 2 には、図 1 に示すように、各第 2 のレンズ面 1 2 に対応する各第 1 のレンズ面 1 1 にそれぞれ入射してレンズアレイ本体 4 の内部の光路を進行してきた各発光素子 7 ごとのレーザ光 L が、その中心軸を各第 2 のレンズ面 1 2 上の光軸 O A ( 2 ) と一致させた状態でそれぞれ入射する。そして、各第 2 のレンズ面 1 2 は、入射した各発光素子 7 ごとのレーザ光 L を、各第 2 のレンズ面 1 2 に対応する各光ファイバ 5 の端面 5 a に向けてそれぞれ射出させる。

20

【 0 0 4 5 】

このようにして、各発光素子 7 と各光ファイバ 5 の端面 5 a とが第 1 のレンズ面 1 1 および第 2 のレンズ面 1 2 を介して光学的に結合されるようになっている。

【 0 0 4 6 】

さらに、図 1 および図 5 に示すように、レンズアレイ本体 4 の下端部 4 a における第 1 のレンズ面 1 1 に対する図 1 の左部近傍位置には、第 1 の受光素子 8 と同数（本実施形態においては、発光素子 7、光ファイバ 5、第 1 のレンズ面 1 1 および第 2 のレンズ面 1 2 と同数）の第 3 のレンズ面 1 3 が形成されている。各第 3 のレンズ面 1 3 は、第 1 の受光素子 8 に対応する所定の整列方向すなわち第 1 のレンズ面 1 1 の整列方向と同方向に整列するように形成されている。また、各第 3 のレンズ面 1 3 は、各第 1 の受光素子 8 と同一ピッチで形成されている。なお、各第 3 のレンズ面 1 3 上の光軸 O A ( 3 ) は、各第 3 のレンズ面 1 3 にそれぞれ対応する各第 1 の受光素子 8 の受光面の中心軸に一致することが望ましい。

30

【 0 0 4 7 】

このような各第 3 のレンズ面 1 3 には、図 1 に示すように、レンズアレイ本体 4 の内部側から各第 3 のレンズ面 1 3 にそれぞれ対応する各発光素子 7 ごとのモニタ光 M が入射する。そして、各第 3 のレンズ面 1 3 は、入射した各発光素子 7 ごとのモニタ光 M を、各第 3 のレンズ面 1 3 に対応する各第 1 の受光素子 8 に向けてそれぞれ射出させる。

40

【 0 0 4 8 】

さらにまた、図 1 および図 4 に示すように、レンズアレイ本体 4 は、図 1 における右上端部に、全反射面 4 d を有しており、この全反射面 4 d は、その上端部がその下端部よりも図 1 における左側（すなわち、後述する凹部 1 4 側）に位置するような傾斜面に形成されている。この全反射面 4 d は、第 1 のレンズ面 1 1 と後述する凹部 1 4 の第 1 の光学面 1 4 a との間の各発光素子 7 ごとのレーザ光 L の光路上に配置されている。

【 0 0 4 9 】

50

このような全反射面 4 d には、図 1 に示すように、各第 1 のレンズ面 1 1 にそれぞれ入射した後の各発光素子 7 ごとのレーザ光 L が、図 1 における下方から臨界角以上の入射角で入射する。そして、全反射面 4 d は、入射した各発光素子 7 ごとのレーザ光 L を、図 1 における左側に向かって全反射させる。

【 0 0 5 0 】

なお、全反射面 4 d 上に、A u、A g、A l 等からなる反射膜をコーティングしてもよい。

【 0 0 5 1 】

また、図 1 および図 2 に示すように、第 3 の面としてのレンズアレイ本体 4 における図 1 の上端面 4 c (平面) には、凹部 1 4 が、第 1 のレンズ面 1 1 と第 2 のレンズ面 1 2 とを結ぶ光路上に位置するように凹入形成されている。なお、上端面 4 c は、下端面 4 a に対して平行に形成されている。

10

【 0 0 5 2 】

ここで、図 1 に示すように、凹部 1 4 は、その内面の一部 (凹部 1 4 の図 1 における右側面) をなす第 1 の光学面 1 4 a を有している。この第 1 の光学面 1 4 a は、その上端部がその下端部よりも図 1 における右側 (すなわち、全反射面 4 d 側) に位置するような左端面 4 b に対して所定の傾斜角を有する傾斜面に形成されている。

【 0 0 5 3 】

このような第 1 の光学面 1 4 a には、図 1 に示すように、全反射面 4 d によって全反射された各発光素子 7 ごとのレーザ光 L が、所定の入射角で入射する。ただし、第 1 の光学面 1 4 a への各発光素子 7 ごとのレーザ光 L の入射方向は、左端面 4 b に対して垂直となっている。

20

【 0 0 5 4 】

また、図 1 に示すように、凹部 1 4 は、その内面の一部であって、第 1 の光学面 1 4 a に対して図 1 の左方において対向する部位 (凹部 1 4 の図 1 における左側面) をなす第 2 の光学面 1 4 b を有しており、この第 2 の光学面 1 4 b は、左端面 4 b に対して所定の傾斜角を有している。

【 0 0 5 5 】

ただし、本実施形態において、左端面 4 b を基準 ( $0^\circ$ ) とした第 2 の光学面 1 4 b の傾斜角は、左端面 4 b を基準とした第 1 の光学面 1 4 a の傾斜角を  $[\ ]^\circ$  とすると、 $180 - [\ ]^\circ$  と表される。すなわち、本実施形態においては、第 1 の光学面 1 4 a と第 2 の光学面 1 4 b とが、図 1 において二点差線で示す下端面 4 a に垂直な対称軸 A S について線対称な形状となっている。

30

【 0 0 5 6 】

さらに、図 1 に示すように、第 1 の光学面 1 4 a 上には、均一な厚さを有する薄肉の第 1 の反射 / 透過層 1 7 が配置されている。この第 1 の反射 / 透過層 1 7 は、その第 1 の光学面 1 4 a 側の表面が第 1 の光学面 1 4 a に密接している。

【 0 0 5 7 】

さらにまた、図 1 に示すように、第 1 の反射 / 透過層 1 7 は、第 1 の光学板 1 5 上 (図 1 における下面) に全面的に形成された状態で、第 1 の光学面 1 4 a 上に配置されている。ここで、図 1 に示すように、第 1 の光学板 1 5 は、第 1 の光学面 1 4 a に平行とされた均一な厚さを有する平板状に形成されているとともに、第 1 の光学板 1 5 の材質に応じた所定の屈折率に形成されている。この第 1 の光学板 1 5 の図 1 における紙面垂直方向の大きさは、各発光素子 7 ごとのレーザ光 L のすべてが入射可能な大きさに形成されている。

40

【 0 0 5 8 】

また、図 1 に示すように、第 2 の光学面 1 4 b 上には、第 2 の光学板 1 6 が配置されており、この第 2 の光学板 1 6 は、その第 2 の光学面 1 4 b 側の表面が第 2 の光学面 1 4 b に密接している。図 1 に示すように、第 2 の光学板 1 6 は、第 2 の光学面 1 4 b に平行とされた均一な厚さを有する平板状に形成されているとともに、第 1 の光学板 1 5 と同屈折率に形成されている。この第 2 の光学板 1 6 の図 1 における紙面垂直方向の大きさは、各

50

発光素子7ごとのレーザ光Lのすべてが入射可能な大きさに形成されている。なお、第2の光学板16は、第1の光学板15と同じ材質からなるものであってもよい。また、本実施形態において、第2の光学板16は、第1の光学板15と同じ空気換算長に形成されている。

【0059】

さらに、図1に示すように、凹部14がなす空間内には、レンズアレイ本体4と同屈折率の充填材18が、第1の光学板15および第2の光学板16をほぼ上方から被覆するようにして、凹部14内に隙間無く充填されている。

【0060】

さらにまた、本実施形態において、充填材18は、透光性の接着材からなり、この充填材18の接着力によって、第1の光学板15および第2の光学板16がレンズアレイ本体4に接着されている。なお、このような接着材を兼ねる充填材18としては、レンズアレイ本体4と同屈折率の紫外線硬化性樹脂または熱硬化性樹脂等を用いることができる。より具体的な例としては、レンズアレイ本体4を環状オレフィン樹脂としてのJ S R社製のARTON（登録商標）によって形成した場合には、充填材18として、UV硬化樹脂としての（株）テクス製のA1754Bを用いることができる。これらARTONおよびA1754Bは、いずれも、メーカ公表値のd線に対する屈折率、アッペ数に基づいて計算した波長850nmの光に対する屈折率が1.50とされている。ただし、充填材18およびレンズアレイ本体4の材質は、これらに限定されるものではない。

【0061】

このようにして凹部14内に配置された第1の反射/透過層17、第1の光学板15、充填材18および第2の光学板16は、以下に示すように、各発光素子7ごとのレーザ光Lを光ファイバ5の端面5aまたは第1の受光素子8に結合させるための分光機能および光路調整機能を発揮するようになっている。

【0062】

すなわち、まず、図1に示すように、第1の光学面14aに入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lは、その直後に第1の反射/透過層17に入射する。そして、第1の反射/透過層17は、入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lを、所定の反射率で第3のレンズ面13側に反射させるとともに、所定の透過率で第1の光学板15側に透過させる。

【0063】

この際に、第1の反射/透過層17は、図1に示すように、第1の反射/透過層17に入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lのそれぞれの一部（反射率分の光）を、各発光素子7にそれぞれ対応する各発光素子7ごとのモニタ光Mとして各モニタ光Mに対応する各第3のレンズ面13側に向かって反射させる。

【0064】

そして、このようにして第1の反射/透過層17によって反射された各発光素子7ごとのモニタ光Mは、各第3のレンズ面13側に向かってレンズアレイ本体4の内部を進行した後に、各第3のレンズ面13からこれらに対応する各第1の受光素子8に向けてそれぞれ出射される。

【0065】

ここで、例えば、第1の反射/透過層17を、第1の光学板15上にCrの単層膜を公知のコーティング技術を用いてコーティングすることによって形成した場合には、例えば、第1の反射/透過層17の反射率を30%、透過率を30%（吸収率40%）とすることができる。なお、NiやAl等のCr以外の単一金属の単層膜によって第1の反射/透過層17を形成してもよい。また、第1の反射/透過層17を、第1の光学板15上にTiO<sub>2</sub>やSiO<sub>2</sub>等からなる公知の誘電体多層膜を公知のコーティング技術を用いてコーティングすることによって形成した場合には、例えば、第1の反射/透過層17の反射率を20%、透過率を80%とすることができる。この他にも、第1の反射/透過層17の反射率および透過率としては、レーザ光Lの出力をモニタするために十分とみなされる光量のモニタ光Mを得ることができる限度において、第1の反射/透過層17の材質や厚み

10

20

30

40

50

等に応じた所望の値を設定することができる。また、第1の反射/透過層17のコーティングには、インコーネル蒸着等のコーティング技術を用いてもよい。さらに、例えば、ガラスフィルタによって第1の反射/透過層17を構成してもよい。

【0066】

一方、第1の反射/透過層17によって透過された各発光素子7ごとのレーザ光Lは、第1の光学板15を透過した後に充填材18に入射する。そして、充填材18に入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lは、充填材18の内部の光路上を第2のレンズ面12側に向かって進行する。

【0067】

このとき、充填材18がレンズアレイ本体4と同屈折率に形成されていることによって、充填材18の内部における各発光素子7ごとのレーザ光Lの光路は、全反射面4dと第1の光学面14aとを結ぶレーザ光Lの光路に対して平行に維持される。

10

【0068】

このことを詳細に説明すると、まず、第1の光学面14a、第1の反射/透過層17と第1の光学板15との界面および第1の光学板15と充填材18との界面が互いに平行であることを前提として、スネルの法則に基づいた以下の(1)および(2)の各式が成立する。

【0069】

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (1)$$

$$n_2 \sin \theta_2 = n_1 \sin \theta_3 \quad (2)$$

20

【0070】

ただし、(1)および(2)式において、 $n_1$ は、レンズアレイ本体4および充填材18の屈折率であり、 $n_2$ は、第1の光学板15の屈折率である。これら $n_1$ および $n_2$ は、いずれも同一の波長の光を基準としている。また、(1)式における $\theta_1$ は、第1の光学面14aに対する各発光素子7ごとのレーザ光Lの入射角である。さらに、(1)および(2)式における $\theta_2$ は、第1の反射/透過層17と第1の光学板15との界面からの各発光素子7ごとのレーザ光Lの出射角であって、第1の光学板15と充填材18との界面に対する各発光素子7ごとのレーザ光Lの入射角である。ただし、ここでは、レンズアレイ本体4、第1の光学板15および充填材18に比較して、第1の反射/透過層17の厚さ(光路方向の寸法)が極めて薄いことから、第1の反射/透過層17におけるレーザ光Lの屈折は無視している。また、(2)式における $\theta_3$ は、第1の光学板15と充填材18との界面からの各発光素子7ごとのレーザ光Lの出射角である。 $\theta_1 \sim \theta_3$ の基準( $0^\circ$ )は、いずれも第1の光学面14aの面法線方向にとられている。

30

【0071】

ここで、(1)式の右辺と(2)式の左辺とが共通することから、次式が導かれる。

【0072】

$$n_1 \sin \theta_1 = n_1 \sin \theta_3 \quad (3)$$

【0073】

そして、(3)式より、 $\theta_3 = \theta_1$ となる。このことは、充填材18の内部における各発光素子7ごとのレーザ光Lの光路が、全反射面4dと第1の光学面14aとを結ぶレーザ光Lの光路に対して平行であることを示していることに他ならない。

40

【0074】

このようにして全反射面4dと第1の光学面14aとを結ぶレーザ光Lの光路に対する平行性を維持しつつ充填材18内の光路上を進行した各発光素子7ごとのレーザ光Lは、図1に示すように、第2の光学板16を透過した後に、第2の光学面14bに入射してレンズアレイ本体4の内部の光路上に復帰する。

【0075】

このとき、第2の光学面14bおよび充填材18と第2の光学板16との界面が互いに平行であり、第2の光学面bが第1の光学面14aと線対称であることを前提として、スネルの法則に基づいた以下の(4)および(5)の各式が成立する。

50

【0076】

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (4)$$

$$n_2 \sin \theta_2 = n_1 \sin \theta_4 \quad (5)$$

【0077】

ただし、(4)および(5)式において、 $n_1$ は、(1)~(3)式と同様に、レンズアレイ本体4および充填材18の屈折率である。また、 $n_2$ は、第2の光学板16の屈折率であり、この $n_2$ が第1の光学板15の屈折率でもあることは(1)および(2)の説明において述べた通りである。また、(4)式における $\theta_1$ は、充填材18と第2の光学板16との界面に対する各発光素子7ごとのレーザ光Lの入射角であり、この $\theta_1$ が第1の光学板15と充填材18との界面からの各発光素子7ごとのレーザ光Lの出射角でもあることは(3)の説明において述べた通りである。さらに、(4)および(5)式における $\theta_2$ は、充填材18と第2の光学板16との界面からの各発光素子7ごとのレーザ光Lの出射角であって、第2の光学面14b(換言すれば、第2の光学板16と第2の光学面14bとの界面)に対する各発光素子7ごとのレーザ光Lの入射角である。この $\theta_2$ が、第1の反射/透過層17と第1の光学板15との界面からの各発光素子7ごとのレーザ光Lの出射角であって、第1の光学板15と充填材18との界面に対する各発光素子7ごとのレーザ光Lの入射角でもあることは、(1)および(2)の説明において述べた通りである。さらに、(5)式における $\theta_4$ は、第2の光学面14bからの各発光素子7ごとのレーザ光Lの出射角である。なお、(4)および(5)式における $\theta_1$ 、 $\theta_2$ および $\theta_4$ の基準( $0^\circ$ )は、いずれも第2の光学面14bの面法線方向にとられている。

10

20

【0078】

ここで、(4)式の右辺と(5)式の左辺とが共通することから、次式が導かれる。

【0079】

$$n_1 \sin \theta_1 = n_1 \sin \theta_4 \quad (6)$$

【0080】

そして、(6)式より、 $\theta_4 = \theta_1$ となる。このことは、第2の光学面14b以後の各発光素子7ごとのレーザ光Lの光路が、充填材18の内部における各発光素子7ごとのレーザ光Lの光路に対して平行であることを示していることに他ならない。

【0081】

ここで、充填材18の内部における各発光素子7ごとのレーザ光Lの光路が、全反射面4dと第1の光学面14aとを結ぶレーザ光Lの光路に対して平行であることについては前述した。このことから、まず、第2の光学面14b以後の各発光素子7ごとのレーザ光Lの光路は、全反射面4dと第1の光学面14aとを結ぶレーザ光Lの光路に対して平行であることが言える。

30

【0082】

さらに、第1の光学面14aと第2の光学面14bとが線対称であること、第1の光学板15と第2の光学板16とが空気換算長が等しいこと、反射/透過層17の厚さを無視できること及び第1の光学面14aに各発光素子7ごとのレーザ光Lが対称軸ASに垂直な方向から入射することを考慮すれば、第2の光学面14b以後のレーザ光Lの光路が、全反射面4dと第1の光学面14aとを結ぶレーザ光Lの光路に対して同一直線上に位置するということができる。

40

【0083】

すなわち、本実施形態においては、第1の光学面14aに入射角 $\theta_1$ で入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lが、第1の光学板15に入射する際に屈折角 $\theta_2$ で屈折して図1における左上方に進行し、この屈折によって、全反射面4dと第1の光学面14aとを結ぶ各光素子7ごとのレーザ光Lの光路と、充填材18の内部の光路との間に、光路長方向(図1における横方向)に垂直な方向のずれ(いわゆる横ずれ)が生じることになる。しかしながら、本実施形態においては、充填材18内の光路を進行した各発光素子7ごとのレーザ光Lが、第2の光学板16に入射する際に屈折角 $\theta_2$ で屈折して図1における左下方に進行した後に、第2の光学面14bから出射角 $\theta_1$ で出射されることによって、横ず

50

れを解消することができる。このことは、第2の光学板16によって、第2の光学面14b以後の各発光素子7ごとのレーザ光Lの光路が、全反射面4dと第1の光学面14aとを結ぶレーザ光Lの光路に対して同一直線上に位置するようにレーザ光Lの光路が調整されたことに他ならない。

【0084】

このようにして第2の光学面14bからレンズアレイ本体4の内部の光路上に復帰した各発光素子7ごとのレーザ光Lは、レンズアレイ本体4の内部の光路上を各第2のレンズ面12側に向かって進行した後に、各第2のレンズ面12によって、これらに対応する各光ファイバ5の端面5aに向けてそれぞれ出射される。

【0085】

以上の構成によれば、第1のレンズ面11に入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lを、第1の反射/透過層17によって各第2のレンズ面12側および各第3のレンズ面13側にそれぞれ分光し、各第3のレンズ面13側に分光されたモニタ光Mを、各第3のレンズ面13によって各第1の受光素子8側に出射させることができる。この結果、モニタ光Mを確実に得ることができ、また、このようなモニタ光Mを得るための構成として、ある程度の面積を有する形成が容易な第1の反射/透過層17を採用することによって、レンズアレイ2を容易に製造することができる。

【0086】

また、本実施形態によれば、第1の光学面14aに対する入射側の所定範囲の光路（全反射面4dと第1の光学面14aとの間の光路）と第2の光学面14bに対する出射側の光路との直線性を確保することができるので、例えば、製品検査の際に、各第2のレンズ面12に入射する各発光素子7ごとのレーザ光Lが各2のレンズ面12の中心からずれていることが確認された場合に、これを補正するための寸法調整を要する箇所を少なくすることができる。なお、寸法調整には、金型の形状の変更等を挙げることができる。具体的には、仮に、第1の光学面14aに対する入射側の光路と第2の光学面14bに対する出射側の光路との直線性を確保できない設計の場合には、第2のレンズ面12に対する入射光の軸ずれを許容限度内に補正するために、凹部14の両光学面14a、14bに別個独立に最適な傾斜角を設定し直さなければならない場合がある。これに対して、本実施形態においては、全反射面4dにおける全反射方向が左端面4bに垂直であること、および、両光学面14a、14bの線対称性が確保されれば、両光学面14a、14bに互いに全く相関関係がない傾斜角をトライアンドエラーで適宜設定し直すような複雑かつ煩雑な寸法調整は要しない。また、第1の光学面14aに対する入射側の光路と第2の光学面14bに対する出射側の光路との直線性を確保できれば、設計の際に、第2のレンズ面12の位置を簡便に決定することができる。

【0087】

これにより、更なるレンズアレイ2の製造の容易化に寄与することができる。

【0088】

また、前述のように、第1の反射/透過層17を、第1の光学板15上に単一金属の単層膜や誘電体多層膜をコーティングすることによって形成すれば、第1の反射/透過層17の構成および製造工程を簡素化することができるので、更なる製造の容易化を実現することができる。さらに、コーティングによって第1の反射/透過層17を極めて薄く（例えば、 $1\mu\text{m}$ 以下に）形成することができるので、各発光素子7ごとのレーザ光Lが第1の反射/透過層17を透過する際の屈折によって生じるレーザ光Lの横ずれを、無視できるレベルまで小さくすることができる。これにより、第1の光学面14aに対する入射側の光路と第2の光学面14bに対する出射側の光路との直線性をさらに高精度に確保することができる。

【0089】

さらに、好ましくは、第1の光学面14aの傾斜角を、左端面4bを基準（ $0^\circ$ ）として図1における反時計回りに $130^\circ \sim 140^\circ$ （より好ましくは、 $135^\circ$ ）とする。また、第2の光学面14bの傾斜角を、左端面4bを基準（ $0^\circ$ ）として図1における反

10

20

30

40

50

時計回りに $40^\circ \sim 50^\circ$ （より好ましくは、 $45^\circ$ ）とする。ただし、第1の光学面14aと第2の光学面14bとの対称性は維持する。さらに、全反射面4dを第2の光学面14bに対して平行に形成する。このようにすれば、全反射面4dに入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lを凹部14側に向かって全反射させるとともに、第1の光学面14aに入射したレーザ光Lを第2のレンズ面12側と第3のレンズ面13側とに分光するのに無理がない設計が可能となる。特に、第1の光学面14aの傾斜角を $135^\circ$ 、第2の光学面14bおよび全反射面4dの傾斜角を $45^\circ$ とした場合には、各面14a、14b、4dの設計や寸法精度測定が更に簡便なものとなる。

#### 【0090】

さらにまた、下端面4aと左端面4bとを互いに垂直に形成し、また、第1のレンズ面11上の光軸OA(1)および第3のレンズ面13上の光軸OA(3)を下端面4aに垂直に形成し、さらに、第2のレンズ面12上の光軸OA(2)を左端面4bに垂直に形成してもよい。このようにすれば、発光素子7と第1の受光素子8とを結ぶ光路および発光素子7と光ファイバ5の端面5aとを結ぶ光路を確保するためにレンズアレイ2に要求される寸法精度を緩和することができ、更なる製造の容易化を実現することができる。すなわち、例えば、仮に、第3のレンズ面13上の光軸OA(3)を第1のレンズ面11上の光軸OA(1)に対して鋭角の傾きを有するように構成する場合には、図1における縦方向のわずかな寸法誤差によって、第3レンズ面13から出射されたモニタ光Mが第1の受光素子8に結合しない虞がある。これに対して、本実施形態のように第1のレンズ面11上の光軸OA(1)と第3のレンズ面13上の光軸OA(3)とを互いに平行に形成すれば、たとえレンズアレイ2に図1における縦方向のわずかな寸法誤差が生じたとしても、第3レンズ面13から出射されたモニタ光Mは、そのビーム径が設計値に対して大きくまたは小さくなるだけで、各第1の受光素子8に適正に受光されることになる。また、仮に、第2のレンズ面12上の光軸OA(2)を第1のレンズ面11上の光軸OA(1)に対して直角以外の角度を有するように構成する場合には、図1における横方向のわずかな寸法誤差によって、第2レンズ面12から出射されたレーザ光Lが光ファイバ5の端面に結合しない虞がある。これに対して、本実施形態のように、第1のレンズ面11上の光軸OA(1)と第2のレンズ面12上の光軸OA(2)とを互いに垂直に形成すれば、たとえレンズアレイ2に図1における横方向のわずかな寸法誤差が生じたとしても、第2レンズ面12から出射されたレーザ光Lは、そのビーム径が設計値に対して若干大きくまたは小さくなるだけで、光ファイバ5の端面に適正に結合されることになる。

#### 【0091】

上記構成に加えて、さらに、本実施形態においては、図1および図2に示すように、凹部14が、上端面4cの面法線方向（図1における上方）から見た場合に、凹部14における底面（図1における下端面）14eおよび全ての側面14a~dが、凹部14における開口部14fの外形によって示される範囲以内に収まるような形状に形成されている。換言すれば、凹部14は、底面14eおよび全ての側面14a~dのそれぞれについての上端面4cの面法線方向への投影面が、開口部14fの外形によって示される範囲以内に収まるように形成されている。なお、図2に示すように、開口部14fは、図2における縦方向に長尺な長形状に形成されるとともに、上端面4cに四方を囲まれている。また、第1の光学面14aおよび第2の光学面14b以外の側面14c、dは、上端面4cに垂直に形成されている。このような構成によれば、凹部14を金型からの離型性を確保することができる形状に形成することができるので、金型を用いたレンズアレイ2の効率的な製造を実現することができる。

#### 【0092】

なお、第3のレンズ面13およびこれに対応する第1の受光素子8は、必ずしも発光素子7と同数設ける必要はなく、少なくとも1組設けるようにすればよい。この場合には、第1の反射/透過層17において、各第1のレンズ面11に入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lのうち、対応する第3のレンズ面13が存在するレーザ光Lのみが、モニタ光Mとして反射されるようになり、他のレーザ光Lは、反射されるもののモニタ光Mとして

は利用されないこととなる。

【0093】

また、第1の光学板15および第2の光学板16は、BK7や白板ガラス等の安価な材質によって形成してもよい。

【0094】

さらに、レンズアレイ本体4に対する第1の光学板15の屈折率差は、第1の光学板15に対する各発光素子7ごとのレーザ光Lの入射角が臨界角を超えることがないような屈折率差であればよい。例えば、前述のように、第1の光学面14aの傾斜角(第1の光学板15の傾斜角でもある)を135°、レンズアレイ本体4の屈折率を1.64と仮定した場合には、第1の光学板15の屈折率は、1.16以上であればよい。

10

【0095】

(変形例)

次に、本実施形態の変形例について、図1の構成との差異を中心に図6～図10を参照して説明する。

【0096】

なお、図1の構成と同一もしくはこれに類する箇所については、同一の符号を用いて説明する。

【0097】

図6は、本変形例における光モジュール21の概要を、本変形例におけるレンズアレイ22の縦断面図とともに示した概略構成図である。図7は、図6に示すレンズアレイ22の平面図である。図8は、図7の左側面図である。図9は、図7の右側面図である。図10は、図7の下面図である。

20

【0098】

本変形例においては、図1の構成との差異の1つとして、光電変換素装置3および光ファイバ5をレンズアレイ22に固定する際に、光電変換素装置3および光ファイバ5の位置決めを機械的に行うための手段が講じられている。

【0099】

すなわち、図6および図10に示すように、本変形例において、第1のレンズ面11および第2のレンズ面12は、レンズアレイ本体4の下端面4aに凹設された第1のザグリ部23の底面23a(本変形例における第1の面)に形成されている。この第1のザグリ部23の底面23aは、下端面4aに対して平行に形成されている。図10に示すように、第1のザグリ部23の図10における縦方向(以下、レンズ整列方向と称する)の幅は、レンズ整列方向における最も外側に形成されたレンズ面11、13よりもわずかに外側に至るような幅に形成されている。そして、本変形例においては、レンズアレイ本体4のレンズ整列方向における幅が、第1のザグリ部23のレンズ整列方向における幅よりも大きく形成されており、これにともなって、図10に示すように、下端面4aが、第1のザグリ部23に対してレンズ整列方向における両外側方向に延出されている。そして、図10に示すように、この下端面4aにおける第1のザグリ部23からレンズ整列方向における両外側方向に延出した各延出部分には、光電変換素装置3の位置決め構造として、第1のザグリ部23を挟んで2つずつの合計4つの平面円形状の嵌合穴部24が形成されている。これらの嵌合穴部24には、半導体基板6が下端面4aの延出部分に当接した状態で、半導体基板6を貫通する図示しない嵌合ピンが嵌合されるようになっている。これによって、レンズアレイ22に光電変換素装置3を固定する際の光電変換素装置3の位置決めを機械的に行うことができるようになっている。

30

40

【0100】

また、図6および図8に示すように、本変形例において、第2のレンズ面12は、レンズアレイ4の左端面4bに凹設された第2のザグリ部26の底面26a(本実施形態における第2の面)に形成されている。この第2のザグリ部26の底面26aは、左端面4bに対して平行に形成されている。図8に示すように、第2のザグリ部26のレンズ整列方向における幅は、レンズ整列方向における最も外側に形成されたレンズ面12よりもわず

50

かに外側に至るような幅に形成されている。そして、図 8 に示すように、本変形例においては、左端面 4 b が、第 2 のザグリ部 2 6 に対してレンズ整列方向における両外側方向に延出されており、これらの各延出部分には、光ファイバ 5 の位置決め構造として、図 8 に示すように、第 2 のザグリ部 2 6 を挟んで 1 つずつの合計 2 つの嵌合ピン 2 7 が凸設されている。これらの嵌合ピン 2 7 は、コネクタ 1 0 を左端面 4 b の各延出部分に当接させた状態で、コネクタ 1 0 に形成された図示しない嵌合穴部に嵌合されるようになっている。これによって、レンズアレイ 2 2 に光ファイバ 5 を固定する際の光ファイバ 5 の位置決めを機械的に行うことができるようになっている。

【 0 1 0 1 】

このような本変形例の構成においても、図 1 と同様の優れた作用効果を奏することができる。また、本変形例においては、レンズアレイ 2 2 に対する光電変換素装置 3 および光ファイバ 5 の位置決めを、位置決め構造 2 4、2 7 を用いて簡便に行うことができるので、光電変換素装置 3 および光ファイバ 5 をレンズアレイ 2 2 に簡便に固定することができる。

10

【 0 1 0 2 】

また、図 6 に示すように、本変形例においては、凹部 1 4 の側面が、第 1 および第 2 の光学面 1 4 a、1 4 b の上端部よりも鉛直上方に延出するように形成されている。

【 0 1 0 3 】

なお、前述した嵌合穴部 2 4 の代わりに、レンズアレイ本体 4 を貫通する嵌合穴部 2 4 と同径の貫通孔を形成してもよい。また、光ファイバ 5 の位置決め構造は、レンズアレイ本体 4 側が嵌合穴部または貫通孔であるとともに、光ファイバ 5 側が嵌合ピンであってもよい。同様に、光電変換素装置 3 の位置決め構造は、レンズアレイ本体 4 側が嵌合ピンであり、光電変換素装置 3 側が嵌合穴部または貫通孔であってもよい。なお、光ファイバ 5 および光電変換素装置 3 の位置決めは、機械的な位置決めに限定されるものではなく、例えば、レンズアレイ本体 4 に形成したマークを光学的に認識することによる光学的な方法によって行うようにしてもよい。

20

【 0 1 0 4 】

なお、このような変形例以外の変形例として、図示はしないが、反射 / 透過層 1 7 を、第 1 の光学板 1 5 における充填材 1 8 側の表面に形成してもよい。この場合には、第 1 の光学板 1 5 が第 1 の光学面 1 4 a に密接した状態で配置されることになり、反射 / 透過層 1 7 が、第 1 の光学面 1 4 a の近傍に配置されることになる。

30

【 0 1 0 5 】

また、図 1 の構成において、第 1 の光学板 1 5 における充填材 1 8 側の表面に、反射防止膜 (AR コート) を形成してもよい。

【 0 1 0 6 】

(第 2 実施形態)

次に、本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第 2 実施形態について、第 1 実施形態との差異を中心に図 1 1 を参照して説明する。

【 0 1 0 7 】

なお、第 1 実施形態と構成が同一もしくはこれに類する箇所については、同一を符号を用いて説明する。

40

【 0 1 0 8 】

図 1 1 は、本実施形態における光モジュール 3 0 の概要を、本実施形態におけるレンズアレイ 3 1 の縦断面図とともに示した概略構成図である。

【 0 1 0 9 】

図 1 1 に示すように、本実施形態の構成の第 1 実施形態との差異は、第 1 の光学板 1 5 が、均一な厚さを有する所定の屈折率の第 1 の粘着シート 3 2 を介して第 1 の光学面 1 4 a に貼り付けられ、また、第 2 の光学板 1 6 が、均一な厚さを有する第 1 の粘着シート 3 2 と同屈折率の第 2 の粘着シート 3 3 を介して第 2 の光学面 1 4 b に貼り付けられている点にある。なお、本実施形態においては、第 1 の反射 / 透過層 1 7 が、第 1 の光学板 1 5

50

と第1の粘着シート32との間に位置された状態で、第1の光学面14aの近傍に配置されている。また、本実施形態においては、第1の粘着シート32および第2の粘着シート33が、互いに空気換算長が等しくなるように形成されている。

【0110】

このような構成によれば、第1の光学板15および第2の光学板16をより安定的にレンズアレイ本体4に固定することができる。また、両粘着シート32、33が互いに同屈折率に形成されていることによって、各発光素子7ごとのレーザ光Lが第1の粘着シート32に入射する際における屈折の影響は、各発光素子7ごとのレーザ光Lが第2の粘着シート33に入射する際における屈折によって解消することができる。したがって、第1実施形態と同様に、各発光素子7ごとのレーザ光Lの全反射面4dと第1の光学面14aとの間の光路と第2の光学面14bに対する出射側の光路との直線性を確保することができる。

10

【0111】

さらに、好ましくは、第1および第2の粘着シート32、33を、レンズアレイ本体4との屈折率差が0.35以下（より好ましくは、0）となるように構成する。このようにすれば、レンズアレイ本体4と各粘着シート32、33との界面における各発光素子7ごとのレーザ光Lのフレネル反射を抑えることができるため、迷光の発生および結合効率の低下を抑制することができる。

【0112】

なお、各粘着シート32、33としては、例えば、巴川製紙所製のFitwell（登録商標）のような粘着性を有する薄肉（例えば、20 $\mu$ m）の屈折率整合フィルム等を用いることができる。

20

【0113】

また、第1実施形態に適用した変形例は、本実施形態においてもそのまま適用することができる。

【0114】

（第3実施形態）

次に、本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第3実施形態について、第1実施形態との差異を中心に図12および図13を参照して説明する。

【0115】

なお、第1実施形態と構成が同一もしくはこれに類する箇所については、同一を符号を用いて説明する。

30

【0116】

図12は、本実施形態における光モジュール35の概要を、本実施形態におけるレンズアレイ36の縦断面図とともに示した概略構成図である。図13は、図12に示すレンズアレイ36の下面図である。

【0117】

図12および図13に示すように、本実施形態の構成の第1実施形態との差異は、本実施形態における構成が、光信号の送信だけでなく、受信にも適用することができる点にある。

40

【0118】

すなわち、本実施形態においては、各光ファイバ5の端面5aから、レンズアレイ36に向けて互いに同一波長のレーザ光が出射されるようになっており、これら各光ファイバ5から出射されたレーザ光は、各発光素子7ごとのレーザ光Lとは異なる波長のレーザ光とされている。より具体的な手段としては、光ファイバ5における端面5aと反対側の端面に、光ファイバ5と同数の図示しない複数の発光素子を配置して、これらの発光素子から出射された光を対応する光ファイバ5にそれぞれ入射させるようにすればよい。

【0119】

そして、このようにして各光ファイバ5から出射されたレーザ光は、各光ファイバに対応する各第2のレンズ面12にそれぞれ入力するようになっている。

50

## 【0120】

また、図12に示すように、本実施形態においては、光電変換装置3が、半導体基板6におけるレンズアレイ36に臨む面であって、第1の受光素子8に対する図12の左部近傍位置に、各光ファイバ5から出射されたレーザ光を受光する複数の第2の受光素子37を備えている。これら複数の第2の受光素子37は、第2のレンズ面12の整列方向と同方向に沿って、第2のレンズ面12と同数かつ同一ピッチで形成されている。各第2の受光素子37は、フォトディテクタであってもよい。

## 【0121】

さらに、図12および図13に示すように、下端面4aにおける各第2の受光素子37に臨む位置には、レンズアレイ本体4の内部側から入射した各光ファイバ5から出射されたレーザ光を各第2の受光素子37に向けて出射させる複数の第4のレンズ面38が形成されている。これら複数の第4のレンズ面38は、第2のレンズ面12の整列方向（図13における縦方向）と同方向に沿って、第2のレンズ面12と同数かつ同一ピッチで形成されている。

10

## 【0122】

さらにまた、図12に示すように、第2の光学面14bと第2の光学板16との間には、第2の反射/透過層40が配置されている。この第2の反射/透過層40は、第2の光学板16上（図12における下面）に全面的に形成された状態で、第2の光学面14bに密接されている。

## 【0123】

ここで、第2の反射/透過層40には、各第2のレンズ面12に入射した各光ファイバ5から出射されたレーザ光がそれぞれ入射する。そして、第2の反射/透過層40は、これらの入射したレーザ光を、所定の反射率で各第4のレンズ面38側に反射させるとともに所定の透過率で透過させる。

20

## 【0124】

このような構成によれば、各光ファイバ5から出射されたレーザ光を、各第2のレンズ面12、第2の反射/透過層40および各第4のレンズ面38を経て、第2の受光素子37に結合させることができるので、双方向の光通信に有効に対応することができる。

## 【0125】

なお、第2の反射/透過層40を、第1の反射/透過層17と同じ材質および方法によって形成してもよい。

30

## 【0126】

また、設計の容易化の観点から、第4のレンズ面38上の光軸OA(4)は、下端面4aに垂直であることが望ましい。

## 【0127】

（変形例）

次に、本実施形態の変形例について、図12の構成との差異を中心に図14を参照して説明する。

## 【0128】

図14に示すように、本変形例の構成の図12の構成との差異は、本変形例においては、第2の実施形態と同様に、第1の光学板15が第1の粘着シート32を介して第1の光学面14aに貼り付けられ、また、第2の光学板16が第2の粘着シート33を介して第2の光学面14bに貼り付けられている点にある。

40

## 【0129】

この他にも、第1実施形態に適用した変形例は、本実施形態においてもそのまま適用することができる。

## 【0130】

（第4実施形態）

次に、本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第4実施形態について、第1実施形態との差異を中心に図15を参照して説明する。

50

## 【0131】

なお、第1実施形態と構成が同一もしくはこれに類する箇所については、同一を符号を用いて説明する。

## 【0132】

図15は、本実施形態における光モジュール42の概要を、本実施形態におけるレンズアレイ43の縦断面図とともに示した概略構成図である。

## 【0133】

図15に示すように、本実施形態における構成の第1実施形態との差異は、本実施形態においては、第1の反射/透過層17が第1の光学面14aにコーティング等によって直接形成されており、また、第1の光学板15および第2の光学板16を有しない点にある。

10

## 【0134】

このような構成によれば、第1の反射/透過層17を透過した後の各発光素子7ごとのレーザ光Lは、屈折されずに第2のレンズ面12に向かって直進することになる。このような構成においても、第1実施形態と同様に、第1の光学面14aに対する入射側の光路と第2の光学面14bに対する出射側の光路との直線性を確保することができる。

## 【0135】

本実施形態によれば、第1の反射/透過層17をレンズアレイ本体4に直接形成する必要がある一方で、部品点数を削減することができる。

## 【0136】

なお、第1実施形態に適用した変形例は、本実施形態においてもそのまま適用することができる。

20

## 【0137】

(第5実施形態)

次に、本発明に係るレンズアレイおよびこれを備えた光モジュールの第5実施形態について、第3実施形態との差異を中心に図16を参照して説明する。

## 【0138】

なお、第3実施形態と構成が同一もしくはこれに類する箇所については、同一を符号を用いて説明する。

## 【0139】

図16は、本実施形態における光モジュール45の概要を、本実施形態におけるレンズアレイ46の縦断面図とともに示した概略構成図である。

30

## 【0140】

図16に示すように、本実施形態における構成の第1実施形態との差異は、本実施形態においては、第1の反射/透過層17が第1の光学面14aに直接形成され、また、第2の反射/透過層40が第2の光学面14bに直接形成され、さらに、第1の光学板15および第2の光学板16を有しない点にある。

## 【0141】

なお、第1実施形態に適用した変形例は、本実施形態においてもそのまま適用することができる。

40

## 【0142】

本発明は、前述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の特徴を損なわない限度において種々変更することができる。

## 【0143】

例えば、レンズアレイ本体4を、樹脂材料以外の透光性材料(例えば、ガラス)によって形成してもよい。

## 【0144】

また、本発明を、シート状の光導波路等の光ファイバ5以外の光伝送体に適用してもよい。

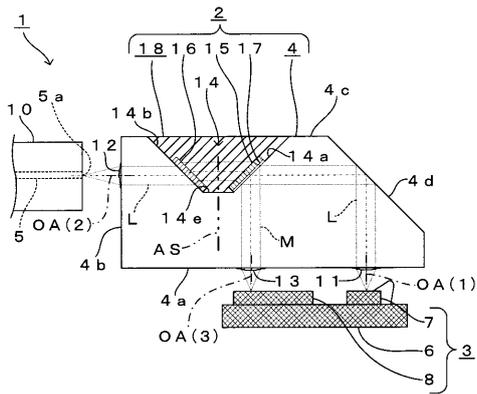
## 【符号の説明】

50

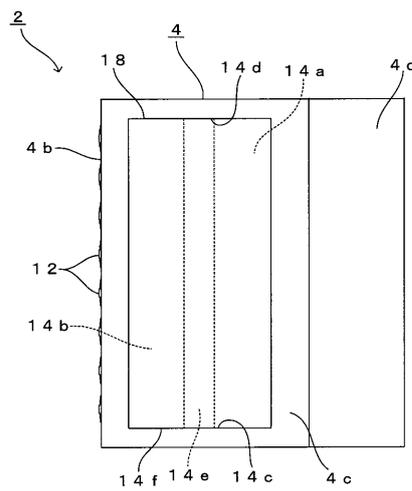
【 0 1 4 5 】

- 1 光モジュール
- 2 レンズアレイ
- 3 光電変換装置
- 4 レンズアレイ本体
- 5 光ファイバ
- 5 a 端面
- 7 発光素子
- 8 第 1 の受光素子
- 1 1 第 1 のレンズ面
- 1 2 第 2 のレンズ面
- 1 3 第 3 のレンズ面
- 1 4 凹部
- 1 4 a 第 1 の光学面
- 1 4 b 第 2 の光学面
- 1 7 第 1 の反射 / 透過層
- 1 8 充填材

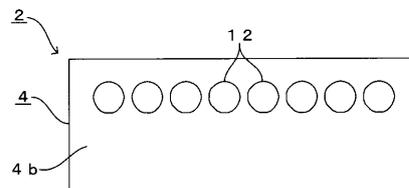
【 図 1 】



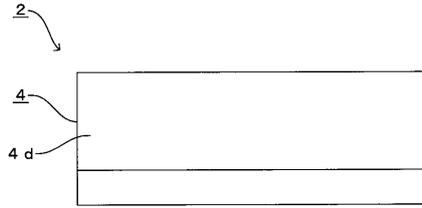
【 図 2 】



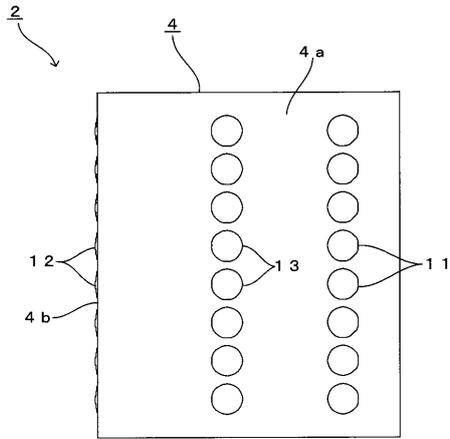
【 図 3 】



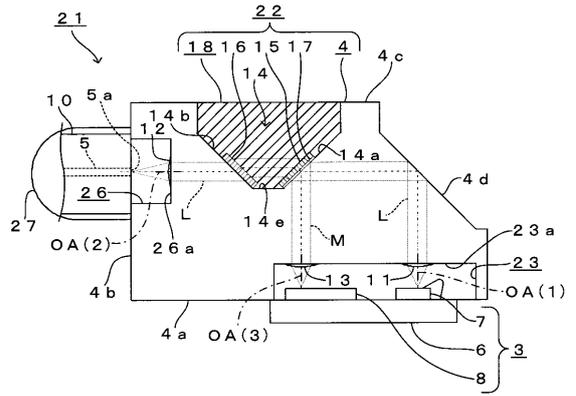
【 図 4 】



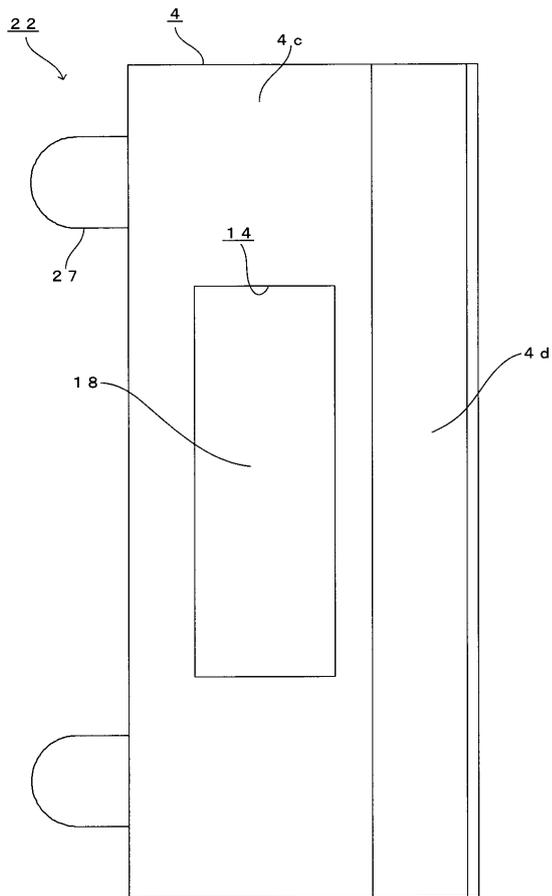
【 図 5 】



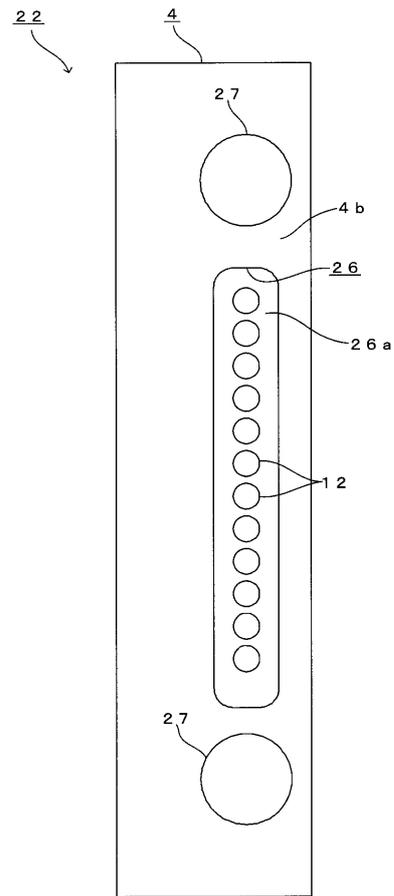
【 図 6 】



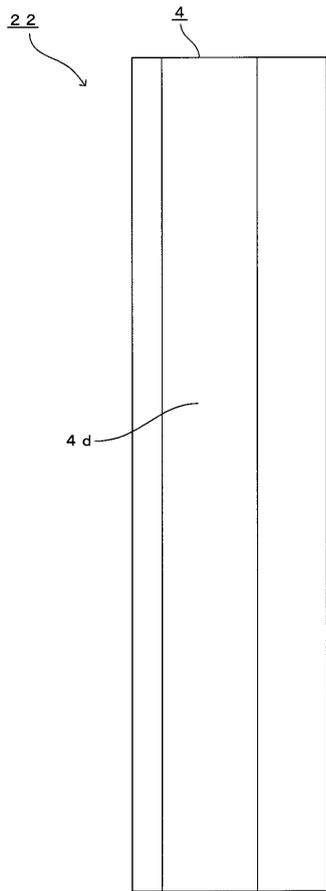
【 図 7 】



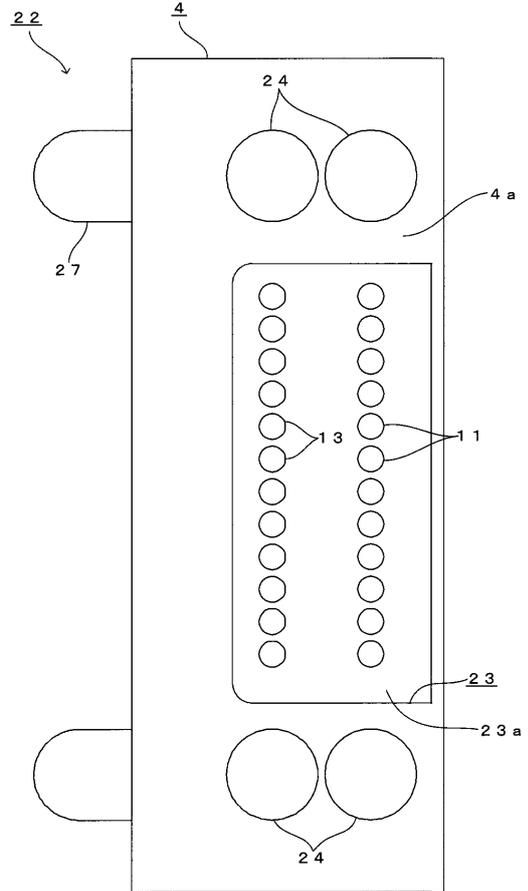
【 図 8 】



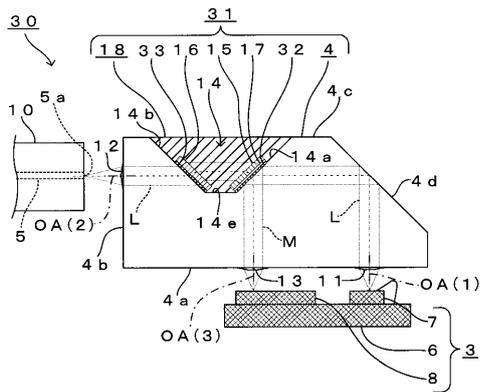
【 図 9 】



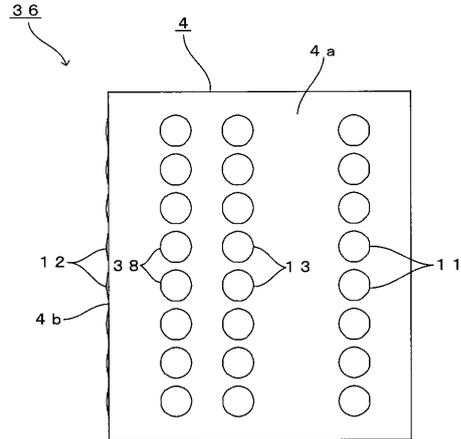
【 図 10 】



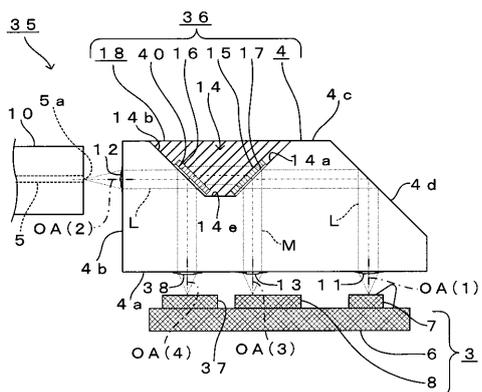
【 図 11 】



【 図 13 】



【 図 12 】





---

フロントページの続き

(72)発明者 森岡 心平

埼玉県川口市並木2丁目30番1号 株式会社エンプラス内

Fターム(参考) 2H137 AA01 AB06 AC05 BA15 BB03 BB13 BB14 BB17 BB25 BC07

BC10 BC55 BC76 CA51 CB03 HA13

5F173 MA02 MC26 ME23 ME85 MF04 MF28 MF39 MF40